

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Технология полупроводниковых приборов и интегральных схем**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Антонов В. А.
	Идентификатор	R9081edee-AntonovVA-4b80b823

(подпись)

В.А. Антонов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С.
Холодный

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З.
Славинский

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить и разрабатывать технологические процессы изготовления материалов и изделий микро- и наноэлектроники с заданными свойствами
 - ИД-2 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и наноэлектроники
 - ИД-3 Выбирает технологические процессы и их режимы для изготовления изделий микро наноэлектроники
2. ПК-3 способен осуществлять разработку пооперационного маршрута изготовления наноэлектронных изделий в составе проектной группы
 - ИД-1 Согласование маршрутного листа с руководителем подразделения (с ведущим инженером, инженером-конструктором прибора, начальником цеха)
 - ИД-2 Согласование маршрутного листа с инженерами-технологами, отвечающими за выполнение отдельных операций
 - ИД-3 Составление пооперационного маршрутного (сопроводительного) листа
 - ИД-4 Определение порядка, вида и технологических параметров операций

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si» (Контрольная работа)
2. КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si» (Контрольная работа)
3. КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.» (Контрольная работа)
4. КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния» (Контрольная работа)
5. КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии» (Контрольная работа)
6. КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров» (Контрольная работа)
7. КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» (Контрольная работа)
8. КМ-8 Тест «Современные методы литография» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки					

полупроводниковых материалов				
1. Основные положения и этапы развития микроэлектроники. Физические основы и методы механической обработки полупроводниковых материалов	+			
2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов				
2. Маркировка слитков Ge и Si. Трансмутационное легирование слитков Si. Получение сплавных p – n переходов и создание омических контактов		+		
3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.				
3. Химическая, электрохимическая, плазмохимическая, газовая обработка полупроводниковых пластин.			+	
4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии				
4. Защитные диэлектрические плёнки в планарной технологии				+
Вес КМ:	25	25	25	25

2 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	15
5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии					
5. Получение полупроводниковых структур методом эпитаксии	+				
6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии.					
6. Планарная технология. Получение p-n переходов методом диффузии.			+		
7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига					
7. Ионное легирование полупроводниковых пластин. Режимы отжига				+	
8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.					
8. Фотолитография, иммерсионная литография, рентгено- и электронная литография.					+
Вес КМ:	25	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники	Знать: этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки Уметь: Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки	КМ-1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si» (Контрольная работа) КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии» (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Выбирает технологические процессы и их режимы для изготовления изделий микрои нанoeлектроники	Знать: свойства абразивных материалов при обработки поверхности полупроводниковой подложки Уметь: приготовить абразивный материал для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки	КМ-1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si» (Контрольная работа) КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии» (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} Согласование маршрутного листа с	Знать: технологические методы и	КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si»

	<p>руководителем подразделения (с ведущим инженером, инженером-конструктором прибора, начальником цеха)</p>	<p>режимы изготовления изделий микро- и нанoeлектроники методы контроля поверхности полупроводниковой подложки Уметь: выбирать технологические режимы производства приборов и ИС осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки</p>	<p>(Контрольная работа) КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.» (Контрольная работа) КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров» (Контрольная работа) КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» (Контрольная работа)</p>
ПК-3	<p>ИД-2_{ПК-3} Согласование маршрутного листа с инженерами-технологами, отвечающими за выполнение отдельных операций</p>	<p>Знать: Порядок согласования маршрутного листа Уметь: Заполнять стандартные формы маршрутных листов в соответствии с установленными регламентами</p>	<p>КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.» (Контрольная работа) КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования» (Контрольная работа)</p>

		технологические параметры операций	
ПК-3	ИД-3 _{ПК-3} Составление пооперационного маршрутного (сопроводительного) листа	Знать: Возможности оборудования на производстве Уметь: Определять порядок, вид и технологические параметры операций	КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния» (Контрольная работа) КМ-8 Тест «Современные методы литография» (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-4 _{ПК-3} Определение порядка, вида и технологических параметров операций	Знать: Методы математического моделирования Уметь: Работать в составе проектной группы	КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния» (Контрольная работа) КМ-8 Тест «Современные методы литография» (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

1 семестр

КМ-1. КМ-1 Тест «Механическая обработка полупроводников. Маркировка слитков Ge, Si»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по тестированию

Краткое содержание задания:

Студенты должны выбрать правильные ответы и письменно обосновать свой выбор

Контрольные вопросы/задания:

Знать: этапы подготовки поверхности полупроводниковой подложки	1. Сколько этапов развития микроэлектроники имело место? 1. Два этапа. 2. Три этапа. 3. Пять этапов. 2. Сколько технологических операций содержит подготовка полупроводниковых пластин? 1. Две операции. 2. Три операции. 3. Четыре операции.
Знать: свойства абразивных материалов при обработки поверхности полупроводниковой подложки	1. Сколько видов абразивных материалов применяют при подготовке полупроводниковых пластин? 1. Два вида. 2. один вид. 3. три вида.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. КМ-2 Контрольная работа «Химическая обработка поверхности полупроводников. Трансмутационное легирование слитков Si»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по контрольной работе

Краткое содержание задания:

Студенты должны письменно, в течении отведенного времени, ответить на вопросы и выполнить задания в контрольной работе

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы контроля поверхности полупроводниковой подложки	1.Что такое трансмутационное легирование кремния? 2.Какими методами производится маркировка слитков германия и кремния?
Знать: Порядок согласования маршрутного листа	1.Как проводится химическая обработка поверхности полупроводников?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. КМ-3 Контр. работа «Получение диэлектрических слоев на поверхности полупроводников.»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по контрольной работе

Краткое содержание задания:

Студенты должны письменно, в течении отведенного времени, ответить на вопросы и выполнить задания в контрольной работе

Контрольные вопросы/задания:

Знать: технологические методы и режимы изготовления изделий микро- и нанoeлектроники	1.Какими методами наносятся диэлектрические слои на поверхность полупроводника? 2.Какие защитные диэлектрические пленки
--	--

	применяют в планарной технологии?
Знать: Стандартные формы маршрутных листов и требования по их заполнению	1. Почему в планарной технологии диэлектрические пленки являются защитными?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. КМ-4 Тест «Газовая и жидкостная эпитаксия слоёв кремния»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по тестированию

Краткое содержание задания:

Студенты должны выбрать правильные ответы и письменно обосновать свой выбор

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Возможности оборудования на производстве	1. Сколько технологических этапов включает в себя газовая эпитаксия? 1. Один этап. 2. Три этапа. 3. Два этапа.
Знать: Методы математического моделирования	1. Сколько технологических этапов включает в себя газовая эпитаксия? 1. Один этап. 2. Три этапа. 3. Четыре этапа. 2. Сколько технологических дефектов возникает в эпитаксиальных структурах? 1. Три типа дефектов. 2. Пять типов дефектов. 3. Шесть типов дефектов.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

2 семестр

КМ-5. КМ-5 Тест «Получение р-п переходов методом диффузии»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по тестированию

Краткое содержание задания:

Студенты должны выбрать правильные ответы и письменно обосновать свой выбор

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Выбрать метод контроля основных параметров поверхности полупроводниковой подложки	1. Уметь осуществить контроль дислокаций. 2. Уметь рассчитать режимы последовательной диффузии.
Уметь: приготовить абразивный материал для шлифовки и полировки поверхности полупроводниковой подложки	1. Уметь рассчитать режимы двойной последовательной диффузии.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-6. КМ-6 Контрольная работа «Расчет диффузионных параметров»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по контрольной работе

Краткое содержание задания:

Студенты должны письменно, в течении отведенного времени, ответить на вопросы и выполнить задания в контрольной работе

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выбирать технологические режимы производства приборов и ИС	1. Уметь определить степень дефектности диффузионных структур
Уметь: Заполнять стандартные формы маршрутных листов в соответствии с установленными регламентами	1. Уметь определить характер диффузионного процесса. 2. Уметь определить основные параметры диффузионных структур

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-7. КМ-7 Контрольная работа «Получение р-п переходов методом ионного легирования»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по контрольной работе

Краткое содержание задания:

Студенты должны письменно, в течении отведенного времени, ответить на вопросы и выполнить задания в контрольной работе

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: осуществлять контроль этапов подготовки поверхности полупроводниковой подложки	1. Уметь определить режимы ионной имплантации
Уметь: Определять порядок, вид и технологические параметры операций	1. Уметь рассчитать ионно - имплантированные структуры 2. Уметь контролировать процесс ионного легирования

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-8. КМ-8 Тест «Современные методы литография»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты в аудитории, в течении 1 часа 30 минут, письменно выполняют задание по тестированию

Краткое содержание задания:

Студенты должны выбрать правильные ответы и письменно обосновать свой выбор

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Определять порядок, вид и технологические параметры операций	1.Выбрать вариант изготовления фотошаблонов.
Уметь: Работать в составе проектной группы	1.Выбрать способ фотолитографии 2.Определить дефекты фотолитографического процесса.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

- Вопрос 1. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура?
Вопрос 2. Технология газофазной эпитаксии?

Процедура проведения

В определённый день и время, установленные учебным управлением, студенты собираются в аудитории, указанной в расписании, для проведения зачета. Условием допуска на зачет является выполнение всех пяти контрольных мероприятий (КМ), указанных в РПД и в системе БАРС. Студент сам берет вариант зачета не видя его содержания. Далее подготовка к ответу на вопросы в течении 30 минут и ответ преподавателю в течении 15 минут. На основании ответа преподаватель определяет оценку по пяти бальной системе.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} 1 Умеет выбирать перспективные материалы микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

1. Влияние формы р-п перехода на его электрические характеристики (на примере точечного р-п перехода)?
2. Ионно-плазменная обработка полупроводниковых материалов?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сколько определено основных этапов развития микроэлектроники?

Ответы:

1. Два этапа.
2. Три этапа.
3. Пять этапов.

Верный ответ: 2. Три этапа.

2. Сколько параметров характеризуют абразивные материалы?

Ответы:

1. Три параметра.
2. Четыре параметра.
3. Пять параметров.

Верный ответ: 2. Четыре параметра.

3. Что понимают под твердостью абразивного материала?

Ответы:

1. Способность сопротивляться вдавливанию
2. Получать остаточные деформации.
3. Невозможность нанесения царапины.

Верный ответ: 1. Способность сопротивляться вдавливанию

4. Какая реакция происходит при электрохимической обработки полупроводниковых пластин?

Ответы:

1. Восстановительная.
2. Окислительная.
3. Окислительно - восстановительная.

Верный ответ: 3. Окислительно - восстановительная

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-1} Выбирает технологические процессы и их режимы для изготовления изделий микрои наноэлектроники

Вопросы, задания

1. Определение омических контактов и роль сплавления при создании омических контактов?
2. Обезжиривание кремниевых пластин и травление в жидких травителях?
3. Кинетика роста эпитаксиального слоя?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие способы используют для резки монокристаллических слитков?

Ответы:

1. Резка диском с алмазной кромкой.
2. Резка металлическими полотнами, с применением абразива.
3. Резка с помощью ультразвука.

Верный ответ: 1. Резка диском с алмазной кромкой. 2. Резка металлическими полотнами, с применением абразива.

2. Какие операции входят в отмывку полупроводниковых подложек?

Ответы:

1. Обезжиривание в органических растворителях.
2. Промывка в кислотном растворе
3. Промывка в особо чистой воде.

Верный ответ: 1. Обезжиривание в органических растворителях. 3. Промывка в особо чистой воде.

3. Сколько методов контроля эпитаксиальных слоёв используют на практике?

Ответы:

1. Два метода.
2. Четыре метода.
3. Пять методов.

Верный ответ: 2. Четыре метода.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-3} Согласование маршрутного листа с руководителем подразделения (с ведущим инженером, инженером-конструктором прибора, начальником цеха)

Вопросы, задания

1. Этапы развития микроэлектроники. Правило Мура?
2. Определение критического размера абразивного зерна?
3. Виды и свойства абразивных материалов?
4. Способы резания слитков на пластины и пластин – на кристаллы?
5. Методы маркировки слитков Ge, Si и эпитаксиальных структур?
6. Лазерное легирование как метод сплавления?
7. Методы получения и контроль качества деионизованной воды?
8. Технологический процесс электрохимической обработки?
9. Газовая обработка кремниевых пластин?
10. Электрохимическое травление кремния?
11. Особенности окисления в сухом и влажном кислороде?
12. Методы получения и свойства нитрида кремния (Si₃N₄)?

13. Контроль параметров защитных диэлектрических плёнок?
14. Технология газофазной эпитаксии?
15. Дефекты эпитаксиальных структур и методы их контроля?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие ионы применяют при ионно-плазменной обработке полупроводниковых материалов?

Ответы:

1. Ионы инертного газа.
2. Поток ионов углерода.
3. Поток ионов кислорода.

Верный ответ: 1. Ионы инертного газа.

2. Для чего используется плазмохимическая обработка подложек?

Ответы:

1. Для удаления загрязнений.
2. Для удаления поверхностного слоя материала подложки.
3. Для уменьшения дислокаций на поверхности.

Верный ответ: 2. Для удаления поверхностного слоя материала подложки.

3. Каким методом получают особо чистую воду?.

Ответы:

1. Методом ионного обмена.
2. Методом многократной фильтрации.
3. Методом химической очистки.

Верный ответ: 1. Методом ионного обмена.

4. Сколько существует основных методов эпитаксии?

Ответы:

1. Три метода.
2. Пять методов.
3. Два метода.

Верный ответ: 1. Три метода.

5. Какое явление лежит в основе гидридного метода эпитаксии кремния?

Ответы:

1. Явление осаждения.
2. Явление диффузии.
3. Явление автоэпитаксии.

Верный ответ: 3. Явление автоэпитаксии.

6. На каких подложках производится гетероэпитаксия кремния?

Ответы:

1. На сапфире.
2. На германии.
3. На кварце.
4. На шпинели.

Верный ответ: 1. На сапфире. 4. На шпинели.

7. Сколько методов легирования применяют при легировании эпитаксиальных слоев?

Ответы:

1. Два метода.
2. Три метода.
3. Пять методов.

Верный ответ: 2. Три метода.

8. Какой параметр определяет пригодность эпитаксиального слоя?

Ответы:

1. Количество дислокаций.
 2. Толщина слоя.
 3. Напряжение пробоя слоя.
- Верный ответ: 2. Толщина слоя.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Прибавление баллов промежуточной аттестации для получения итоговой оценки по курсу

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

- Вопрос 1.Создание р-п переходов методом диффузии?
Вопрос 2. Фотолитография в производстве полупроводниковых приборов?

Процедура проведения

В определённый день и время, установленные учебным управлением, студенты собираются в аудитории, указанной в расписании, для проведения экзамена. Условием допуска экзамен является выполнение всех контрольных мероприятий (КМ), указанных в РПД и в системе БАРС. Студент сам берет (вытаскивает) вариант экзаменационного билета не видя его содержания. Далее подготовка к ответу на вопросы в течении 30 минут и ответ преподавателю в течении 15 минут. На основании ответа преподаватель определяет оценку по пяти бальной системе.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Согласование маршрутного листа с инженерами-технологами, отвечающими за выполнение отдельных операций

Вопросы, задания

- 1.Диффузия из бесконечного и ограниченного источников?
- 2.Распределение примесей в многослойной диффузионной структуре?

3. Распределение примесей в реальных диффузионных структурах?
4. Основные источники легирующих примесей?
5. Распределение ионов в полупроводниковых мишенях?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой технологический процесс является завершающим этапом в фотолитографии?

Ответы:

1. Удаление фоторезиста.
2. Задубливание фоторезиста.
3. Процесс сушки.

Верный ответ: 1. Удаление фоторезиста.

2. Какие дефекты образуются в диффузионных структурах?

Ответы:

1. Точечные дефекты.
2. Образование дислокаций и осаждение примесей.
3. Объемные дефекты.

Верный ответ: 2. Образование дислокаций и осаждение примесей.

3. В чем состоит метод ионной имплантации?

Ответы:

1. В бомбардировке пучками ускоренных ионов.
2. В протекании химических реакций.
3. В радиационной обработке поверхности полупроводника.

Верный ответ: 1. В бомбардировке пучками ускоренных ионов.

4. Сколько критериев применимости фоторезистов применяют на практике?

Ответы:

1. Три критерия.
2. Пять критериев.
3. Восемь критериев.

Верный ответ: 2. Пять критериев.

5. Какие задачи решают при проведении расчетов диффузионных структур?

Ответы:

1. Определение профиля распределения концентрации примеси.
2. Определение режима процесса диффузии.
3. Определение количества структурных несовершенств.

Верный ответ: 1. Определение профиля распределения концентрации примеси. 2.

Определение режима процесса диффузии.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-3пк-3 Составление пооперационного маршрутного (сопроводительного) листа

Вопросы, задания

1. Технологические методы диффузии и оборудование?
2. Методы контроля диффузионных структур?
3. Достоинства и ограничения метода ионного легирования?
4. Распределение ионов в мишени при наличии каналирования?
5. Зависимость температуры отжига от количества структурных нарушений в полупроводнике?
6. Современные технологические методы, позволяющие уменьшать топологический размер?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой технологический процесс является первым этапом в фотолитографии?

Ответы:

1. Этап резки на пластины.
 2. Этап обработки поверхности.
 3. Этап экспонирования.
- Верный ответ: 2. Этап обработки поверхности.
2. Какой технологический процесс является вторым этапом в фотолитографии?

Ответы:

1. Этап экспонирования.
 2. Этап нанесения фоторезиста.
 3. Этап отжига.
- Верный ответ: 2. Этап нанесения фоторезиста.
3. Какие фоторезисты применяют в фотолитографии?

Ответы:

1. Фоторезисты с большим удельным сопротивлением.
 2. Негативные и позитивные фоторезисты.
 3. Фоторезисты с малым удельным сопротивлением.
- Верный ответ: 2. Негативные и позитивные фоторезисты.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-3 Определение порядка, вида и технологических параметров операций

Вопросы, задания

1. Механизмы и основные уравнения диффузии?
2. Создание самосовмещенного изолированного электрода методом ИЛ?
3. Создание контактов для «мелких» р-п переходов с помощью ионной имплантации?
4. Фотолитография в производстве полупроводниковых приборов?
5. Основные этапы фотолитографии: обработка поверхности, нанесение, сушка, задубливание и удаление фоторезиста?
6. Негативные и позитивные фоторезисты?
7. Экспонирование УФ-излучением, ограничение топологических размеров?

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сколько этапов фотолитографии существует в технологическом процесс?
Ответы:
 1. Три этапа
 2. Пять этапов.
 3. Шесть этапов

Верный ответ: 2. Пять этапов.
2. Какие современные технологические методы, позволяют уменьшать топологический размер?
Ответы:
 1. Электронная литография.
 2. Метод диффузии.
 3. Метод ионного легирования.

Верный ответ: 1. Электронная литография.
3. В чем основное достоинство в создании гетеропереходов?
Ответы:
 1. Способ уменьшения топологических размеров.
 2. Создание р-п переходов.
 3. Создание контактов для «мелких» р-п переходов.

Верный ответ: 1. Способ уменьшения топологических размеров.
4. Как происходит перевод примеси в электрически активное состояние?

Ответы:

1. Путем отжига
 2. С помощью имплантации.
 3. С помощью аморфизации.
- Верный ответ: 1. Путем отжига

5. Каким методом производится создание самосовмещенного изолированного электрода?

Ответы:

1. Методом диффузии.
2. Методом ионного легирования.
3. Методом фотолитографии.

Верный ответ: 2. Методом ионного легирования.

6. От чего зависит температуры отжига полупроводника?

Ответы:

1. От фазового состояния полупроводника.
2. От количества структурных нарушений в полупроводнике.
3. От температуры окружающей среды.

Верный ответ: 2. От количества структурных нарушений в полупроводнике.

7. Каким методом производится создание контактов для «мелких» р-п переходов?

Ответы:

1. Методом ионного легирования.
2. Методом диффузии.
3. Методом иммерсионной литографии

Верный ответ: 1. Методом ионного легирования

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

стандартные